

ESTIMACIÓN META-ANALÍTICA DE LA REDUCCIÓN DE COLIFORMES TOTALES EN CANALES DE BOVINO DEBIDO AL ENFRIAMIENTO

Gonzales-Barron, U.¹, Cadavez, V.¹ y Butler, F.²

¹Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Bragança. Campus de Santa Apolónia, Bragança. Portugal. E-mail: ubarron@ipb.pt

²UCD School of Biosystems Engineering, University College Dublin, UCD Belfield, Dublin 4. Irlanda

INTRODUCCIÓN

El objetivo principal del meta-análisis es comparar e integrar los resultados de varios estudios primarios que investigan el mismo tema. El meta-análisis produce un estimado más preciso del efecto de un tratamiento o intervención, así como también permite explicar las posibles diferencias entre los estudios independientes. Este estimado meta-analítico – llamado ‘efecto promedio’ – tendrá un mayor poder estadístico y una mayor capacidad de generalización que cualquier resultado individual.

La prevención de enfermedades humanas, causadas por agentes zoonóticos en carnes, es compleja debido a las múltiples etapas en su procesamiento. Antes de implementar cualquier programa de inocuidad alimentaria, es necesario identificar los tratamientos que sean efectivos en la reducción de la contaminación. Así, existe una necesidad de conducir meta-análisis en los campos de zootecnia e inocuidad alimentaria con la finalidad de identificar, evaluar y sintetizar los resultados de muchas fuentes bibliográficas. Esta información proveer las autoridades nacionales información resumida sobre la eficacia de intervenciones para el control de las enfermedades transmitidas por alimentos. El objetivo de este trabajo fue utilizar métodos meta-analíticos para cuantificar el efecto del enfriamiento convencional de canales de bovino en la concentración de coliformes totales, integrando resultados de diferentes estudios llevados a cabo en mataderos irlandeses de carne de exportación.

MATERIAL Y MÉTODOS

Nueve estudios independientes investigando el efecto del enfriamiento convencional en los recuentos de coliformes en canales de bovino fueron conducidos en mataderos irlandeses de carne de exportación. En cada uno de los mataderos (estudios), se obtuvieron muestras mediante hisopado de aproximadamente 10 000 cm² de un lado de la canal antes de la etapa de enfriamiento convencional y 10 000 cm² del otro lado de la misma después del enfriamiento (24 h). Los coliformes totales (log CFU/cm²) fueron cuantificados de acuerdo al método ya descrito en Gonzales-Barron *et al.* (2011). Los resultados sintéticos de cada uno de los estudios independientes (centros de matanza) están compilados en la Tabla 1, y consisten de medias (μ), desviaciones estándar (σ) y número de muestras (n) tanto para el grupo de canales antes del enfriamiento (subíndice C) como para las del grupo de post-refrigeración (subíndice T). En todo meta-análisis se deben considerar tres facetas: población, tratamiento y la variable de medida. La población fue restringida a las canales de bovino de mataderos irlandeses; el tratamiento abarca el enfriamiento y el almacenamiento en frío hasta 24h; y la variable medida es la concentración de coliformes en la superficie de las canales. El meta-análisis procede con la definición de una métrica común que permita la comparación directa y la sumatoria de los estudios independientes. Como los datos generados por los estudios son de tipo variable continua, el parámetro que definirá el efecto promedio θ del tratamiento es la “diferencia absoluta de medias” (concentración de coliformes en la canal post-enfriamiento μ_T menos la respectiva concentración pre-enfriamiento μ_C ; Tabla 1). Usando el paquete ‘metafor’ (Viechtbauer, 2010) del software R (R Development Core Team, 2011), se ajustaron modelos de meta-análisis de efectos fijos (i.e., considera que cada estudio independiente estima en sí el mismo efecto medio y que las diferencias entre estudios ocurren sólo por error de muestreo) y de efectos aleatorios (i.e., incluye la heterogeneidad entre estudios, asumiendo que el efecto verdadero calculado en cada estudio se origina de una variable al azar que se distribuye como una normal). Se estimó la variabilidad entre estudios (τ^2) o heterogeneidad, así como su significancia estadística por medio de los valores de Qtest e I^2 (Gonzales-Barron *et al.*, 2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del meta-análisis están compilados en el forest-plot que se muestra en la Figura 1. El forest plot presenta el efecto del enfriamiento medido en cada estudio, así como el efecto promedio calculado por los modelos de meta-análisis de efectos fijos y de efectos aleatorios. En meta-análisis, a los estudios independientes con mayor tamaño de muestra (n) normalmente se le asigna un mayor peso en el cálculo del efecto promedio, lo cual en el forest-plot se representa con el tamaño del marcador central (Figura 1). Nótese que a medida que el tamaño de muestra de un estudio independiente es menor (i.e., mayor incertidumbre en los resultados), el error estándar del efecto observado es mayor, y por tanto, el peso asignado a los resultados de ese estudio es menor. En los nueve estudios primarios, se observó que la etapa de enfriamiento y refrigeración es beneficiosa para la disminución de la viabilidad de los coliformes fecales en las canales de bovino (Figura 1). La heterogeneidad total entre estudios (τ^2) fue de 0,288 ($p < 0,001$) según la prueba de heterogeneidad del Qtest. Del mismo modo, la prueba de I^2 indicó que una gran proporción de la variabilidad total (88%) puede atribuirse a la heterogeneidad entre estudios. Una serie de factores pueden haber dado lugar a la variabilidad significativa entre estudios; las cuales pueden abarcar diferencias en la incidencia de agentes patógenos fecales en el ganado de procedencia, diferencias en los niveles de contaminación de los mataderos, diferencias en las prácticas de beneficio entre mataderos, diferencias en la logística del beneficio del animal, diferencias en el tamaño de los mataderos, etc. Por consiguiente, el modelo meta-analítico más adecuado es el de efectos aleatorios, que incluye la variabilidad entre estudios, y por tanto produce un intervalo de confianza del efecto promedio que es mayor que aquél del modelo de efectos fijos (Figura 1). Así, se puede decir que, en general, el enfriamiento de canales de bovino reduce significativamente la viabilidad de los coliformes ($p < 0,001$), con un efecto reductor promedio de $\theta = 1,08 \log \text{CFU/cm}^2$ (IC 95%: 1,5 – 0,70 log). Sin embargo, dada la alta heterogeneidad entre los efectos observados por los nueve estudios primarios, podría aún ser posible extraer de los estudios independientes, variables moderadoras o características de estudio (Gonzales-Barron *et al.*, 2013) que puedan explicar parte de esa variabilidad. Por medio de este estudio de meta-análisis, se comprobó estadísticamente que la etapa de enfriamiento y refrigeración de las canales de bovino en el proceso de producción de carne irlandesa disminuye la concentración de coliformes totales en aproximadamente 1 log CFU/cm² con un intervalo de confianza al 95% de 1,5 – 0,7 log.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Gonzales-Barron, U., Cadavez, V., Sheridan, J., & Butler, F. 2013. Modelling the effect of chilling on the occurrence of Salmonella on pig carcasses at study, abattoir and batch levels by meta-analysis. *Int. J. Food. Micr.* Accepted, in press.
- Viechtbauer, W. 2010. Conducting meta-Analyses in R with the 'Metafor' package. *J. Statistical Software* 36(3), 1-48.

Tabla 1. Datos originales no publicados de los nueve estudios primarios que cuantifican la concentración de coliformes totales ($\log \text{CFU}/\text{cm}^2$) en canales de bovino antes y después del enfriamiento.

Estudio <i>i</i> (Matadero)	Pre-enfriamiento			Post-refrigeración (24 h)			Efecto observado (θ_i)
	Muestras (n_c)	Media (μ_c)	Des. Est. (σ_c)	Muestras (n_T)	Media (μ_T)	Des. Est. (σ_T)	
1	59	0.987	1.564	60	0.880	1.690	-1.867
2	90	-0.338	0.654	90	-1.332	1.485	-0.994
3	90	-0.371	0.740	90	-1.618	1.144	-1.247
4	60	-0.656	1.157	60	-0.823	1.425	-0.167
5	90	-1.140	0.921	90	-1.735	1.308	-0.594
6	60	0.472	1.120	60	-0.179	2.428	-0.652
7	60	-0.064	0.955	57	-1.315	1.132	-1.251
8	60	0.963	1.231	59	-1.129	1.687	-2.093
9	90	-0.705	1.214	90	-1.624	1.073	-0.919

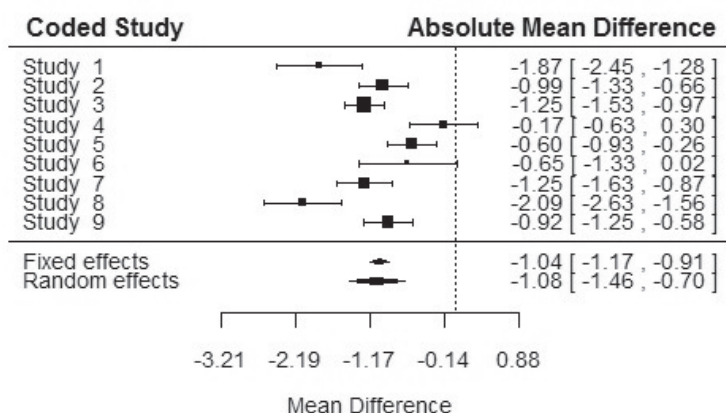


Figura 1. Forest-plot del efecto de la refrigeración de canales de bovino en la concentración de coliformes totales, medidos por cada estudio, y los efectos promedios estimados por los modelos meta-analíticos de efectos fijos (fixed effects) y efectos aleatorios (random effects).

META-ANALYTICAL ESTIMATION OF THE EFFECT OF CHILLING ON THE TOTAL COLIFORMS OF BOVINE CARCASSES

ABSTRACT: The objective of this work was to use meta-analysis to quantify the overall effect of conventional chilling of Irish beef carcasses on the concentration of total coliforms. Nine independent studies concerning the effect of conventional chilling of Irish beef carcasses on the concentration of total coliforms were used. In each study (slaughterhouse), swabs of 10 000 cm^2 from one side of the carcass were obtained before carcasses chilling and the same procedure was applied on the other side of the carcass after 24 h of chilling, and the total coliforms ($\log \text{CFU}/\text{cm}^2$) were quantified. To account for the variability or heterogeneity ($\tau^2=0.288$; $p<0.001$) in the effect size (measured by the nine primary studies), a random-effects model was preferred. This model confirmed that chilling reduces ($p<0.001$) the viability of coliforms in 1 $\log \text{CFU}/\text{cm}^2$ (95% CI: 1.5 - 0.70 log). Next, study characteristics could be extracted from the primary studies to further explain the high between-study heterogeneity.

Keywords: abattoir, beef carcasses, chilling, coliforms.